

УДК 631.531.011.3:53

## ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПРИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

**Е.А. Городецкая,**

*доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**В.В. Литвяк,**

*ведущ. науч. сотр. Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, докт. техн. наук, доцент*

**Т.А. Непарко,**

*зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*Приведены результаты исследований влияния некоторых технологических параметров диэлектрического сепаратора на показатели качества обработанных семян пряно-ароматических культур.*

*Ключевые слова: семена пряно-ароматических культур, диэлектрический сепаратор, бифилярная обмотка, полиэтиленовое покрытие, эффективность разделения, повышение пищевой ценности продуктов.*

*Research results of the influence of some technological parameters of the dielectric separator on the quality indicators of processed seeds of spicy-aromatic crops are presented.*

*Key words: seeds of aromatic crops, dielectric separator, bifilar winding, polyethylene coating, separation efficiency, the product nutritional value increasing.*

### Введение

В работах многих российских и белорусских ученых (В.И. Тарушкин, П.М. Заика, В.В. Андреев и др.) в области диэлектрической сепарации и классификации семян показано технологическое преимущество диэлектрических сепарирующих устройств (ДСУ) на операции очистки семян после обмолота и при подготовке их к закладке на хранение, либо для использования в растениеводстве [1-9].

Сепаратор диэлектрический успешно применяется при разделении семян зерновых и многих овощных культур. Однако при обработке семян пряно-ароматических культур (укроп, кориандр, тмин) обнаруживаются определенные недостатки: в получаемых фракциях наблюдается взаимный подсор, что является главным недостатком при сепарации семян для пищевых целей. Подробный анализ показал, что межвитковое пространство бифилярной обмотки перекрывается семенами и разделение носит нечеткий характер.

Целью работы является повышение качества разделения семенного вороха семян пряно-ароматических растений.

Для достижения данной цели необходимо найти и определить толщину пленочного покрытия, которое не давало бы семенам занимать межвитковое пространство и сделало эффективной калибровку семян пряно-ароматических культур. В этой связи предложено использование полиэтиленовых пленок с условием исследования их оптимальной толщины, при которой показа-

тели качества семян первой фракции будут соответствовать требованиям пищевого назначения.

### Основная часть

Изучение морфологических особенностей поверхности семян кориандра, укропа и тмина под микроскопом [10] выявило очень высокую разнородность поверхности одинаковых и гладких семян. На поверхностях наблюдались чешуйки, ворсинки и волоски, бугорчатость и впадинки, огромное количество неровностей и усиков. Все это присуще семенам пряно-ароматического семейства – как приспособления для размножения и сохранения собственных им ароматических масел, находящихся в специальных масляных канальцах, видимых как бугорчатости и неровности. Таким строением поверхности они существенно отличаются от семян зерновых или, к примеру, семян редиса – полностью гладких. Из-за своей негладкой поверхности семена укропа, тмина и кориандра заполняли межвитковый зазор и сепарация прекращалась. Устройство работало, семена подавались на рабочий орган, но разделение на фракции было нечетким.

Установление пленочного покрытия на барабане диэлектрического сепаратора показало высокую эффективность на очистке мелких семян [11]. В исследовании покрытия рабочего органа использовались тонкие полиэтиленовые пленки, изготавливаемые по ГОСТ 10354-82 из гранул полиэтилена марки 15803-020

(прозрачная полиэтиленовая пленка, получаемая методом экструзии из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) и композиций на его основе, содержащих пигменты (красители), стабилизаторы, скользящие, антистатические и модифицирующие добавки).

Толщину пленки измеряли тестером СНУ-СА производства компании Labthink, соответствующим требованиям стандартов ASTM и ISO. Для исследования пленочного покрытия рабочего органа сепаратора был разработан строгий алгоритм: выполняли демонтаж загрузочного узла и крышки сепаратора, вынимали барабан (рабочий орган) и натягивали на его обмотку очередные образцы пленки толщиной 0,030... 0,080 мм, плотно закрепляли их. Затем барабан монтировали в корпус сепаратора, закрывали и крепили крышку с загрузочным бункером. Обязательно проверяли надежность всех подсоединений, в том числе электрических, правильность работы конечных блокираторов. После 10...15-минутного вращения барабана на холостом ходу, засыпали партию семян для исследований. Для опробования следующего образца пленки, необходимо повторить всю работу по демонтажу, натяжению нового образца пленки, монтажу всех узлов и запуску в работу сепаратора.

Фракционирование исходной партии семян с примесями проводилось по следующей методике. Семенной ворох в количестве 35 г засыпали в приемный бункер сепаратора, и изменением напряжения на рабочем органе подбирали два режима сепарации: минимального напряжения (когда под щетку попадает около 3...5 % семян) и максимального (под щетку сепаратора попадает около 60...65 % семян). Это диапазон крайних (0,2...2,0 кВ), неудовлетворительных величин напряжения, внутри которого нужно определить оптимальное напряжение для данной культуры. Данный диапазон разделяли на 5...10 рав-

ных шаговых значений и на каждом напряжении проводили разделение семенной смеси для получения чистых фракций. Условия в помещении соответствовали стандартам для проведения исследований семян (ГОСТ 28676.8). Влажность семян составляла 12...14 %.

Образцы пленок средней толщины (0,04...0,06 мм) оказались оптимальными, они выдерживали вращение рабочего органа и находились на нем семян разного размера, хорошо прилегали к обмотке, не оказывали негативного влияния на сепарацию, но и не давали семенам занимать межвитковое пространство. При визуальной оценке в первую фракцию попали все хорошие семена. На рабочем органе с пленками большей толщины процесс разделения значительно ухудшался и наблюдался значительный взаимный подсор фракций (рис. 1).

В результате обработки данных были выполнены генерализованные модели для содержания основных биохимических показателей (белка, углеводов, клетчатки, кальция и др.) в семенах тмина, как показатели их качества. Приведем пример только для содержания белка в семенах тмина.

Матрица планирования эксперимента включала в себя значения напряжения  $((1,0...1,3) \pm 0,2 \text{ кВ})$  и толщины пленочного покрытия  $((0,03...0,08) \pm 0,01 \text{ мм})$ . В качестве плана регрессионного анализа была выбрана регрессия поверхности отклика. Получено уравнение регрессии:

$$P = \exp(2,696378 - 0,013609 \cdot S - 0,000111 \cdot S^2 - 0,265181 \cdot U + 0,117748 \cdot U^2 + 0,00014 \cdot S \cdot U),$$

где P – содержание белка, %;

S – толщина пленки, мкм;

U – напряжение на обмотке, кВ.

Все коэффициенты уравнения являются статистически значимыми ( $p < 0,05$ ). Результаты оценки

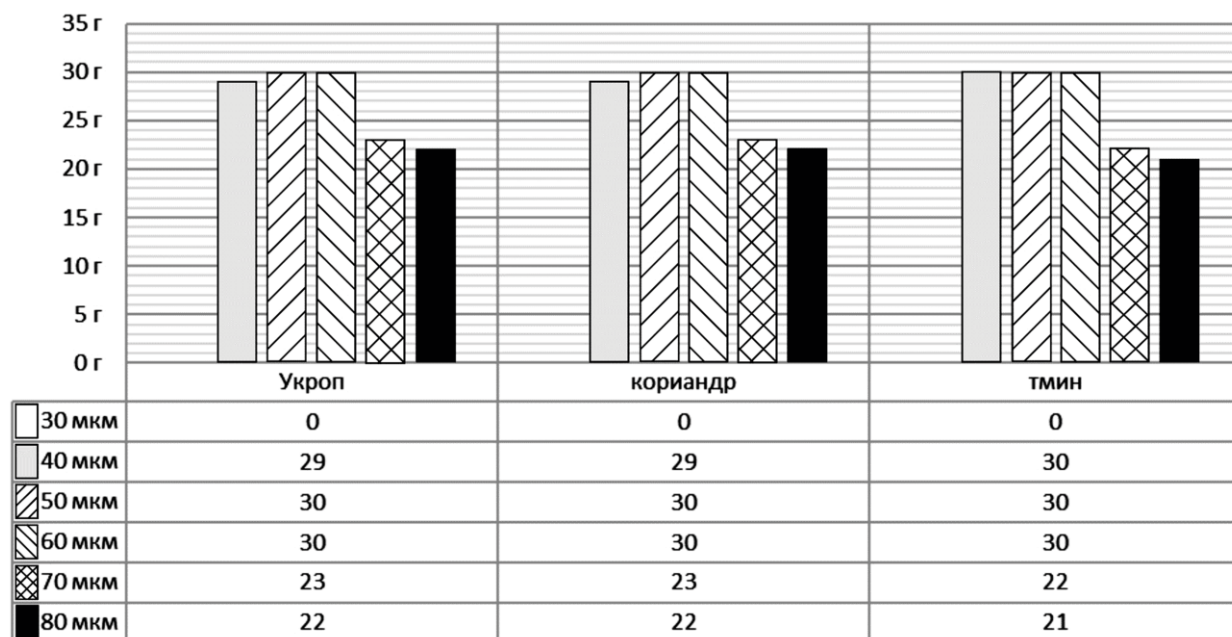


Рисунок 1. Результат исследования влияния пленок различной толщины на степень разделения семян

параметров уравнения приведены в таблицах 1-3.

ция и др.) также выделяют приведенные технологические показатели. Содержание полезных веществ в этой фракции семян выше, чем в исходной, за счет того, что сепарация происходила более качественно и получена чистая фракция семян, без иных включений (пыль, остатки упаковки, мусор, растительные остатки после обмолота).

**Таблица 1. Оценка параметров по белку в семенах тмина**

	Оценка	Стандартная ошибка	Статистика Вальда	p
Свободный коэффициент	2,696378	0,015460	30417,22	0,000000
S	0,013609	0,000177	5920,36	0,000000
S <sup>2</sup>	-0,000111	0,000001	6165,15	0,000000
U	-0,265181	0,019536	184,25	0,000000
U <sup>2</sup>	0,117748	0,006384	340,19	0,000000
S·U	0,000140	0,000068	4,21	0,040199

**Заключение**

Приведенные результаты исследования отчетливо демонстрируют целесообразность выполнения пленочного покрытия толщиной 0,030...0,060 мм, изготавливаемого по ГОСТ 10354-82 из гранул полиэтилена, на рабочем органе диэлектрического сепаратора для получения чистой фракции семян пряно-ароматических растений. При этом напряжение на рабочем органе принимали в диапазоне 1,0...1,6 кВ, что является эффективным режимом работы устройства для получения чистых семян пряно-ароматических культур. Показатели качества семян тмина (содержание белка, углеводов, клетчатки, кальция) в полученной после сепарации первой фракции достигали стандартных значений.

**Таблица 2. Дисперсионный анализ для содержания белка (в тмине)**

	Сумма квадратов отклонений SS	Степени свободы df	Средний квадрат MS	F	p
Свободный коэффициент	36557,98	1	36557,98	7388995	0,00
Толщина пленки	84,70	2	42,35	8560	0,00
Напряжение	20,89	2	10,44	2111	0,00
Error	0,47	94	0,00		

**Таблица 3. Тест SS для всей модели против остаточной SS**

Множество R	Множество R <sup>2</sup>	Скорректированный R <sup>2</sup>	SS модели	df модели	MS модели	остаточный SS	остаточный f	Остаточный MS	F	p
0,997805	0,995615	0,995428	105,5930	4	26,39825	0,465077	94	0,004948	5335,539	0,00

Для анализа результатов (табл. 1-3) использовались стандартные методы расчета и оценки достоверности полученных данных [12]. Свободные коэффициенты и стандартные ошибки говорят о достоверности уравнения регрессии. Одномерный тест на статистическую значимость и тест SS для всей модели подтверждают достоверность модели. Также были проработаны графические зависимости содержания белка в семенах тмина от толщины пленки и напряжения на обмотке, которые показали, что при толщине пленочного покрытия бифилярной обмотки барабана диэлектрического сепарирующего устройства, находящейся в пределах 0,03...0,06 мм, и при напряжении от 1,2 кВ и выше, происходит четкое разделение семенного вороха. В результате в первую фракцию попадают чистые семена. Биохимический анализ этой фракции показал высокое содержание белка, что полностью соответствует значениям литературных данных [13]. Другие полученные показатели качества (содержание углеводов, клетчатки, каль-

Экспериментальные данные получены впервые, обладают научной и практической значимостью, так как позволяют разрабатывать пищевые технологии с использованием семян тмина, получаемых на таком диэлектрическом сепарирующем устройстве, в качестве пищевого ингредиента.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Заика, П.М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин / П.М. Заика. – М.: Машиностроение, 1977. – 277 с.
2. Андреев, В.В. Совершенствование технологического процесса очистки семян мелкосеменных культур: дис.... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.В. Андреев. – Курск, 2006. – 156 с.
3. Корко, В.С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов: монография / В.С. Корко, Е.А. Городецкая. – Минск: БГАТУ, 2013. – 189 с.
4. Тарушкин, В.И. Машины для отбора биологически ценных семян / В.И. Тарушкин // Техника в сельском хозяйстве. – 1994. – № 6. – С. 18-19.

5. Буранов, Н.А. Повышение эффективности предпосевной обработки семян / Н.А. Буранов // Научные инновации в развитии отраслей АПК: материалы Международ. науч.-практ. конф., Ижевск, 18-21 февр. 2020 г. / Ижевская гос. с.-х. академия. – Ижевск, 2020. – Т. 3. – С. 11-13.

6. Установка для предпосадочной обработки овощных культур комплексным воздействием электрофизических факторов / А.И. Котин [и др.] //

Электротехнологии и электрооборудование в АПК / Федер. науч. агроинженер. центр ВИМ. – М., 2020. – № 1(38). – С. 48-53. 7. Городецкий, Ю.К. Технологические преимущества диэлектрической сепарации при получении гомогенных фракций семян / Ю.К. Городецкий, В.В. Литвяк // Агропанорама. – 2019. – № 1. – С. 24-27.

8. Диэлектрический сепаратор для получения чистой фракции семян пряно-ароматических растений: пат. 22195 Респ. Беларусь, МПКВ03С7/ 02, А01С1/00 / Е.А. Городецкая, Ю.К. Городецкий, Е.Т. Титова, В.П. Степанцов; заяв. Белор. гос. аграрн.-технич. ун-т. – № а 20170003 // Афіцыйны бюл. / Нац цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2018. – № 5. – С. 58-59.

9. Электротехнология: учеб. пособие для вузов / В.А. Карасенко [и др.]. – М.: Колос, 1992. – 304 с.

10. Городецкий, Ю.К. Исследование морфологических особенностей поверхности семян кориандра, укропа и тмина / Ю.К. Городецкий, В.В. Литвяк // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2020. – № 2. – С. 72-82.

11. Диэлектрический сепаратор – высокоэффективное устройство получения однородных партий семян / Ю.К. Городецкий [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник науч. статей Междун. науч.-практ. конф., Минск, 26 – 27 ноября 2020 года / редкол.: Н.Г. Серебрякова [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2020. – 660 с.

12. Жижин, К.С. Медицинская статистика: учеб. пособие / К.С. Жижин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 160 с.

13. Городецкий, Ю.К. Методики исследования рабочего органа диэлектрического сепаратора при получении чистых семян пряно-ароматических растений / Ю.К. Городецкий, В.В. Литвяк // Техника и технология пищевых производств: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23 – 24 апреля 2020 г. / Могилевский гос. ун-т продовольствия; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2020. – С. 41-42

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.11.2021

## Радиоволновой влагомер зерна

*Предназначен* для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



### Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА